L'AVALANCHE DES BRÉVIÈRES DU 10 FÉVRIER 1950 ET SES CONSÉQUENCES

Un appareillage simple pour contribuer à la détermination du danger d'avalanches

Le 10 février 1950, au petit jour, alors que la neige était tombée, accompagnée d'un fort vent, pendant 24 heures, formant une couche fraîche et sans cohésion de plus de 1 m. d'épaisseur, une petite avalanche se déclanchait aux Brévières (commune de Tignes-Savoie) à 1.800 m. d'altitude. Elle parcourait environ 300 m. et s'arrêtait un peu après l'une des nouvelles cités-champignons de l'Electricité de France (E.D.F.), la cité dite « des Ruines » (1.600 mètres d'altitude).

Dans la masse neigeuse bouleversée, gisaient six cadavres et les débris de quelques chalets de bois.

Cet accident survenait un jour après celui de l'Herpie, dans l'Oisans, et, ce même 10 février, des avalanches tombaient en plusieurs points de la région, coupant les communications, les lignes téléphoniques et électriques, ensevelissant un camion un peu en amont des Brévières. L'émotion était très grande et l'on apprit à Albertville et à Chambéry que l'atmosphère morale était devenue brusquement intenable à Tignes-les-Brévières.

Des centaines d'ouvriers, s'estimant en danger, réclamaient leur évacuation immédiate et leur mise au régime dit « des intempéries » (3/4 du salaire payé); des dizaines s'étaient enfuis sans attendre même une réponse à ces revendications.

Le Préfet de la Savoie prit donc la décision, le dimanche 12 février, de réunir une commission de techniciens chargés de déterminer si l'on pouvait ou non continuer le travail aux Brévières dans des conditions de sécurité acceptables.

Cette commission, réunie à la hâte, comprenait en particulier: l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, un Officier d'Infanterie Alpine, issu de l'Ecole Militaire de Haute Montagne et le représentant de l'Administration des Eaux et Forêts. Après deux heures d'investigations, chaque membre de la Commission fut appelé à donner un avis devant: le Préfet, deux des trois Députés de la Savoie et le Directeur Régional de l'E.D.F.

Près de là, les délégués ouvriers attendaient, dans une atmosphère très tendue, le résultat de cette conférence et la réponse qui en découlerait de la part de l'E.D.F. et du Préfet.

Finalement, les parlementaires, le Préfet et l'E.D.F. demandèrent que l'Administration des Eaux et Forêts, considérée comme la plus compétente en la matière, surveillât les dangers d'avalanches aux Brévières et donnât, lorsqu'il y aurait lieu, avis de ces dangers, moyennant quoi les ouvriers acceptèrent pour la plupart la reprise du travail. (Les autres regagnèrent le chantier peu après).

C'était une très lourde responsabilité pour l'Administration Forestière, responsabilité qui n'entrait d'ailleurs pas dans ses attributions normales. Cependant, étant donné les circonstances et la fermeté de la demande du Préfet, nous l'avons acceptée.

L'appareillage dynamométrique

La difficulté tenait en partie au fait qu'un Officier Forestier ne pouvait absolument pas rester à demeure en Haute-Tarentaise, car ce surcroît de travail ne dispensait pas le Service de Restauration des terrains en Montagne en Savoie de ses tâches normales.

L'E.D.F. s'offrait à financer toutes acquisitions du matériel nécessaire et à fournir le nombre d'hommes demandés. Il fallait donc, à défaut de mieux, trouver un matériel simple, à mettre dans les mains d'une équipe locale de surveillance, avec des instructions simples permettant à cette équipe, contrôlée par le Garde Forestier local, de donner elle-même, s'il y avait lieu, l'avis de danger, en attendant que monte un Officier Forestier du Service de Restauration des terrains.

On sait que les conditions de formation d'une avalanche sur une pente couverte de neige sont sous la dépendance de nombreux facteurs dont les uns sont d'ordre topographique (pente, accidents du terrain) et les autres d'ordre météorologique (température, vent, ensoleillement, nouvelles chutes de neige ou de pluie). Mais les actions de tous ces facteurs sont fidèlement « intégrées » dans les couches neigeuses, sous la forme d'une variation des caractéristiques physiques de cette neige (densité, cohésion, et résistance à la traction ou au cisaillement).

Il suffit donc de pouvoir mesurer ces caractéristiques ou quelques-unes d'entre elles, pour connaître du même coup une grande partie des conditions de formations d'une avalanche et ce sont ces mesures qu'il fallait pouvoir faire exécuter le plus simplement possible par une équipe non spécialisée.

La sonde de battage de neige du type suisse dont il a déjà été fait mention dans la Revue des Eaux et Forêts (n° de janvier 1947 et n° de juillet 1948) eut été utilisable. Mais nous n'en avions pas à notre disposition et il s'avérait difficile d'en obtenir avant

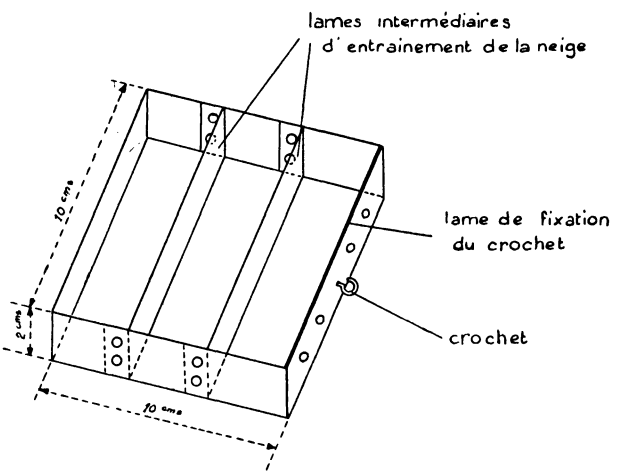
assez longtemps : les seules existant en France étaient utilisées à ce moment-là par M. l'Inspecteur-Adjoint SULZLÉE qui les avait fait construire dans les Pyrénées.

Nous fîmes donc appel aux spécialistes de l'Institut Fédéral Suisse de la neige. Très rapidement, ceux-ci nous donnèrent les renseignements nécessaires à la construction d'un petit appareillage, qui fut construit en 3 exemplaires en quelques jours.

Cet appareillage comprend :

Un cadre d'aluminium de 1 dm^2 de section (fig. 1).

Deux dynamomètres légers, l'un mesurant des efforts de 0 à 5 kg, l'autre de 0 à 10 kg.



Ech. 1/4

FIG. 1. — Cadre aluminium pour mesure de résistance au cisaillement de la neige, épaisseur du métal 1 m/m 5 environ, affuté sur les bords inférieurs pour pouvoir être enfoncé facilement dans la neige.

Un cylindre d'aluminium de 1/2 litre de capacité et ouvert aux deux bouts (fig. 2).

Comme accessoires : 1 ou 2 pelles à neige légères et une simple plaque d'aluminium pour « rafraîchir » les coupes de neige.

L'ensemble peut peser 2 kg et tenir facilement dans un sac de montagne.

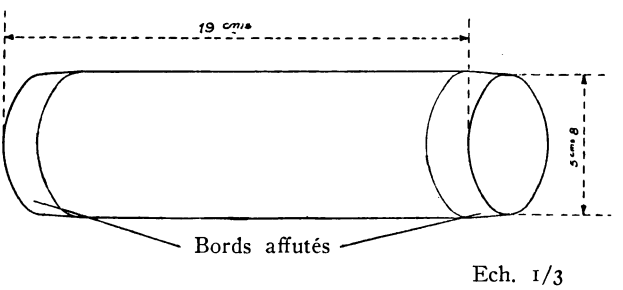
Mode d'emploi de l'appareillage

Sur la pente menacée par une avalanche, on commence par choisir une station de travail. Ce choix est du même ordre que celui d'une station de battage de neige à la sonde ; il faut se mettre autant que possible près de la zone de départ de l'avalanche (haut de la pente) et éviter les emplacements anormaux (emplacements

« soufflés » sur les crêtes ou emplacements d'accumulation de neige dans les creux). L'exposition et l'ensoleillement de la place doivent être l'exposition et l'ensoleillement moyens du versant avalancheux. On choisit généralement un replat en bordure du couloir ou immédiatement au-dessus de la zone de départ de l'avalanche.

La station choisie, on commence par creuser un trou vertical dans la neige. Ce trou de forme rectangulaire doit aller jusqu'au sol et être assez vaste pour que deux opérateurs puissent y tenir aisément: Avec deux pelles et une épaisseur de neige de 2 mètres, il faut un petit quart d'heure pour cette opération.

La paroi verticale du trou est « rafraîchie» avec la plaque d'aluminium. On a ainsi une coupe très nette du manteau neigeux, véritable profil stratigraphique où, déjà à l'œil nu, apparaissent les principales couches de neige. Des attouchements au doigt permet-



Ech. 1/3

FIG. 2. — Cylindre d'aluminium pour la mesure de la densité. Epaisseur du métal: 1 m/m environ.

tent de distinguer plus nettement ces différentes couches (neige à fins cristaux plus ou moins tassée, couche de glace, neige « coulante » à gros cristaux sans cohésion). Cette opération très simple et sans appareil permet déjà de se rendre compte dans une certaine mesure du danger d'avalanche. On a quelquefois la surprise de constater (en plein hiver notamment, au moment où de grands froids font souvent dire qu'il n'y a pas de danger d'avalanche) une couche profonde de neige à gros grains sans aucune cohésion et sur laquelle les couches supérieures peuvent « rouler ». Les profondeurs des différentes couches sont notées.

On passe ensuite aux mesures dynamométriques. Pour ce faire, tous les 10 cm. environ, et notamment aux lignes de séparation des couches de neige, on décape une surface plane sur laquelle est appliqué le petit cadre d'aluminium. On accroche le dynamomètre au cadre et on tire parallèlement aux bords du cadre jusqu'à rupture (fig. 3). Cette rupture se produit au moment où une « tranche de neige » de la dimension exacte du cadre (1 dm^2) est en-

traînée par cisaillement sur la tranche sous-jacente. La tranche de cisaillement est habituellement très nette, sauf lorsque la résistance est très grande (plus de 10 kg au dm^2). En principe, cette résistance au cisaillement devrait être mesurée parallèlement aux couches de neige. Par raison de commodité on la mesure à peu près horizontale, ce qui ne conduit qu'à des erreurs négligeables.

L'opération est complétée par la mesure de la densité des principales couches de neige repérées au début. Pour ce faire, on utilise le cylindre de 1/2 litre de capacité que l'on remplit rapidement de neige. Le cylindre rempli est suspendu au dynamomètre qui sert ainsi de balance. La connaissance du poids du cylindre vide (et

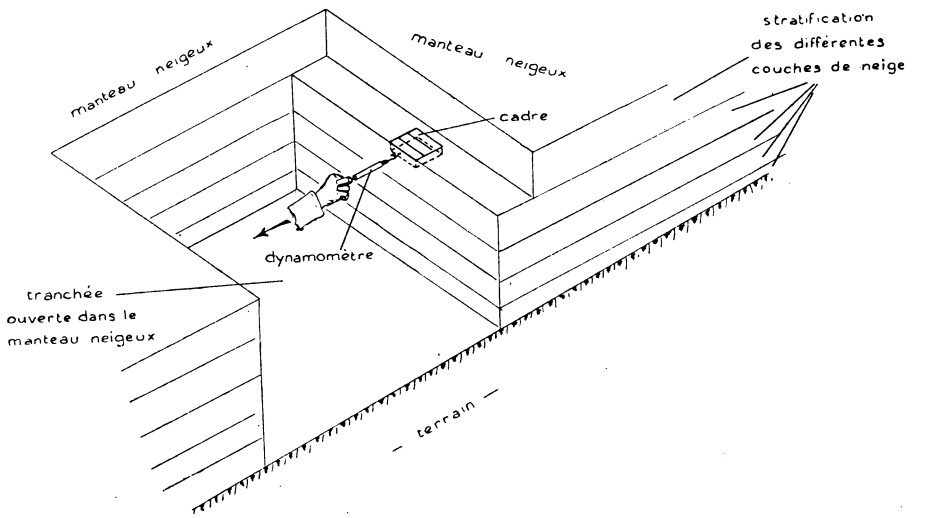


FIG. 3. — Mesure de la résistance au cisaillement de la neige.

du fil de fer qui sert à le suspendre), permet de calculer rapidement la densité.

On mesure aussi sur le terrain, ou à défaut sur le plan directeur, la pente de la zone possible de départ de l'avalanche.

L'ensemble de ces opérations, y compris le creusement du trou, prend environ, avec deux opérateurs et un secrétaire, trois quarts d'heure pour une couche de 2 m. de neige. On fait souvent deux stations différentes sur la même pente avalancheuse, ce qui représente une heure et demie, non compris, évidemment, les déplacements.

Les résultats

Une fois rentré au bureau, on établit le graphique de la résistance au cisaillement des couches neigeuses (fig. 4). Sur ce gra-

phique, la couche de glissement possible (celle qui a la plus faible résistance) est repérée, et on fait par rapport à cette couche un calcul simple qui consiste à comparer:

1° Le poids de la neige au-dessus de cette couche (ou plutôt la composante suivant la pente de ce poids, c'est-à-dire la force de cisaillement qui s'exerce sur cette couche dangereuse).

2° La résistance au cisaillement de cette couche.

Si la force de cisaillement est égale ou supérieure à la résistance au cisaillement, on peut en conclure qu'il y a danger au moment considéré.

Quelle est la valeur de cette méthode ?

Ceux qui sont au courant des études récentes de la neige auront reconnu dans le graphique de la résistance au cisaillement des couches de neige, l'allure des graphiques de « battage de neige » effectués avec la sonde de battage. On pouvait s'y attendre puisque le graphique de battage représente la résistance de la neige à l'enfoncement de la sonde, résistance proportionnelle à la cohésion de la neige, elle-même en rapport direct avec la résistance au cisaillement ou la résistance à la traction. En choisissant les unités, on peut obtenir des graphiques pratiquement identiques avec la sonde et avec l'appareil dynamométrique ci-dessus.

L'avantage de cet appareil sur la sonde semble donc être inexistant. Cependant, nous pouvons constater que:

1° Il nous permet de différencier exactement les diverses couches, y compris les minces couches glacées qui peuvent échapper à la sonde.

2° En permettant un calcul, dont nous dirons d'ailleurs plus loin la valeur relative, il donne la possibilité de se prononcer approximativement sur la détermination du danger d'avalanche en un point et à un moment donnés, alors que le plus souvent, on ne recueille à ce sujet que les réponses les plus diverses et les plus évasives, même après un battage de neige. (Remarquons d'ailleurs qu'il suffit de connaître le coefficient de proportionnalité approché entre la résistance au battage et la résistance au cisaillement pour que la sonde de battage permette aussi le calcul).

Ceci dit, il est évident que ce système est encore assez loin de donner toute satisfaction. En effet, il ne permet la mesure que d'une partie (densité de résistance au cisaillement) des facteurs physiques dont la connaissance serait nécessaire pour déterminer exactement le danger d'avalanche: En particulier, l'effort de traction causé par le poids du manteau neigeux et transmis par la cohésion de la neige dans les parties supérieures d'une pente reste inconnu. Or, l'on sait que les avalanches sont surtout causées par les ruptures à la traction dans le haut des pentes.

Cet effort de traction qui dépend de la plasticité, de la hauteur, de la densité et de la pente de la neige ainsi qui, secondairement, des ancrages

LES BRÉVIÈRES. — Bordure du couloir d'avalanche — Alt. 1.800 m.
Le 15 Mars 1950 - 11 h. - (ciel clair).

Pente de la zone dangereuse = α .
Composante de P suivant cette pente = P sin. α.
soit : P = 4,066 α = 43 gr.
4,066 × sin 45 gr. = *2,54* kg./dcm²
2,54 kg./dcm² < *2,8kg./dcm²*

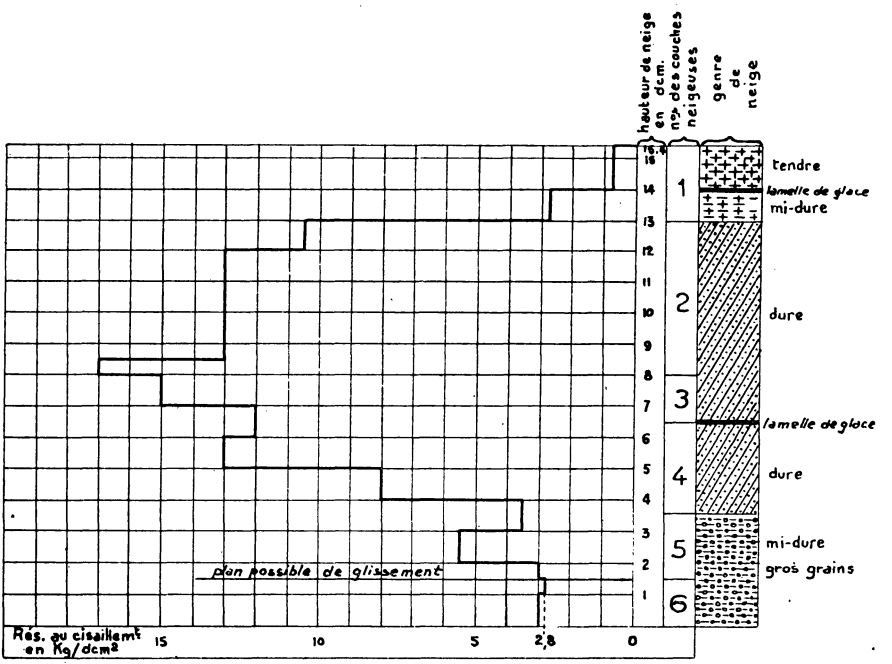


FIG. 4. — Graphique de la résistance au cisaillement des couches neigeuses et calculs

N°s des couches neigeuses	Epaisseur dcm. e	Densité kg/dcm³ d	Poids : P sur 1 dcm² e x d
1	2,4	0,22	0,528
2	5	0,32	1,5
3	1,5	0,32	0,48
4	2,9	0,32	0,928
5	2,1	0,3	0,63
		Total	4,066

latéraux (crêtes rocheuses) et des replats, est très difficile à calculer. Il y a là probablement, matière à recherches. On sait déjà que l'influence des replats et ancrages latéraux ne se transmet que dans un rayon très restreint; il serait donc possible d'établir une formule approchée assez simple qui donnerait cet effort de traction en fonction des caractéristiques de la neige (plasticité, hauteur, densité et pente). On comparerait ensuite cet effort à la résistance à la traction de la neige qui est assez facilement mesurable.

Les résultats simples dont nous avons fait mention ci-dessus doivent donc être largement interprétés. Par exemple, au début mars 1950, le calcul montrait le danger de glissement de la neige au-dessus d'une couche de neige coulante n'ayant que 2 kg/dm^2 de résistance au cisaillement, alors que la composante du poids des couches sous-jacentes, calculée suivant la pente moyenne de la zone de départ (70 %) était de 2 kg,6/dm^2. Cependant, l'alerte ne fut pas donnée, car au-dessus de la couche dangereuse qui se trouvait à 0 m. 20 du sol, une couche de 1 m. d'épaisseur montrait une très forte résistance (de 7 à 20 kg par dm^2 de cisaillement). Il était évident que cette couche très cohérente et qui s'ancrait latéralement à la forêt ou à des roches, devait maintenir l'ensemble stable.

Par contre, le 30 mars 1950, la couche coulante s'étant partiellement glacée, avait pris une résistance de 3 kg/dm^2 et le calcul de la composante du poids donnait seulement 2 kg,6/dm^2. Il y avait donc en principe une certaine sécurité, mais les couches sus-jacentes avaient fortement diminué leur résistance sous l'influence des premiers redoux printaniers (elles n'avaient plus que 4 à 7 kg/dm^2). L'E.D.F. demandant à occuper une carrière située sous un couloir d'avalanche du versant considéré, il lui fut conseillé de n'en rien faire. Effectivement, le même jour, l'avalanche se déclanchait et tombait jusqu'à la carrière.

Conclusion

Quoi qu'il en soit, ce petit appareillage simple permet donc de donner un avis déjà sérieux sur le danger d'avalanches en un point et à un moment donnés. Il peut donner aussi, comme la sonde de battage, des indications sur les caractéristiques physiques de la neige en différents points d'une pente, indications qui peuvent être utiles pour déterminer l'emplacement et la nature de travaux contre les avalanches. Il ne coûte que quelques milliers de francs et pourrait donc assez facilement être construit en quelques exemplaires pour certaines Inspections Forestières de Montagne. Cette possibilité est à l'origine du présent exposé et c'est pourquoi nous nous sommes un peu attardé à la description des détails de l'appareillage et de son emploi.

G. GRIVAZ.

LES BRÉVIÈRES — 15 Mars 1950 — Etude de la Neige.
Emploi de l'appareillage dynamométrique. M. ANCHIERRI prend une densité pendant que l'autre opérateur mesure une résistance au cisaillement.